

# **TOSSAL**

**Revista Interdepartamental  
de Investigación Educativa**

VOLUMEN 1

NÚMERO 0

DICIEMBRE 1992

ESCUELA DE MAGISTERIO  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**TOSSAL**  
**Revista Interdepartamental**  
**de Investigación Educativa**

Coordinación  
**Ángel Herrero**

Consejo de Redacción

**J.L. Bernabeu**

**J.L. Castejón**

**R.M. Carda**

**N. Sauleda**

**M.A. Martínez**

**R. Prieto**

**J. Mateo**

**R. de Vera**

**C. Penalva**

---

Edita:

Escuela de Magisterio. Universidad de Alicante

Fotocomposición e Impresión:

Gráficas ANTAR, S.L. (Alicante)

Dep. Legal: A-1.029-1992

# **Propensiones en la enseñanza de las ciencias: El escenario del próximo milenio**

SAULEDA PARÉS, N.

*Universidad de Alicante*

## **RESUMEN**

La ciencia y las tecnologías informática y de comunicaciones han cambiado la civilización, empero la enseñanza no está dando respuesta a esta mutación cultural y a las necesidades que se plantean a los estudiantes. En este contexto, este artículo analiza y valora la influencia que el potencial de las nuevas tecnologías va a tener en la superación de las limitaciones o dificultades de implementación de las teorías predominantes en la enseñanza de las ciencias, el constructivismo y la resolución de problemas. Adicionalmente se revisan los modelos de la segunda generación de diseño instruccional. Ulteriormente, se seleccionan y proponen las dimensiones de las tecnologías informáticas a introducir en la formación inicial del profesorado de ciencias.

*PALABRAS CLAVE: - Enseñanza de las ciencias - tecnología informática - diseño instruccional - formación profesorado.*

## **ABSTRACT**

Science and computer and communication technologies have changed the civilization. Nevertheless primary and secondary education is not responding to this cultural mutation and to the necessities of students. In this context, this paper analyzes and evaluates the potentialities that the new technologies can have in overcoming the limitations or difficulties to implement the now predominant theories in science teaching, constructivism and problem-solving. Additionally, the second generation of instructional design is revised. Finally, we propose the basic dimensions of the computer technologies to be introduced to science teachers in their initial training.

*KEY WORDS: - Science teaching - computer technology - instructional design - teacher training.*

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el decurso del último medio siglo se han producido cambios masivos en las tecnologías informática y de las comunicaciones, que han creado una discontinuidad en la estructura comunicativa de esta civilización. En la nueva era de la informa-

ción o postmodernidad la evolución de la la misión del computador —desde máquinas complejas hasta instrumentos personales y asistentes activos— se ha producido en una sucesión de cambios paradigmáticos de periodicidad decenal. Tesler (1991) señala para el lapso que va de los años 60 a los 90 cuatro paradigmas: procesamiento por lotes, tiempo compartido, sobremesa y red. Esta alta dinámica evolutiva confirma el fuerte impacto de las tecnologías de la computación que viene afectando a cuasi todos los órdenes de nuestra sociedad y cultura, y por todo ello la resolución de los problemas educativos no puede seguir haciéndose por las vías tradicionales.

En el largo proceso de la hominización las herramientas han sido variables fundamentales, los cambios morfológicos no habrían tenido una significación tan relevante, si no se hubieran producido en conjunción con el lenguaje y con formas de trabajar y convivir juntos. La cultura es a la vez el mundo al que hay que adaptarse y las herramientas que permiten hacerlo (Bruner, 1991), caracterizándose una sociedad, principalmente, por las tecnologías de la comunicación que dispone (Vattimo, 1990). La comunicación hace la diferencia, y la tecnología informática agranda en varios órdenes de magnitud las posibilidades de construcción de significados y de compartir sistemas simbólicos. Los términos herramienta y tecnología referidos a la informática deben ser considerados aplicados tanto al hardware, como al software —destrezas que amplían las capacidades del lenguaje como instrumento de comunicación, representación y transformación de la realidad—. (Bruner, 1971).

En relación a las nuevas oportunidades suministradas por la tecnología, se asume que la presencia —en términos de disponibilidad, accesibilidad y versatilidad— se encuentra en constante crecimiento y seguirá haciéndolo; se considera, asimismo, la asunción relativa a que los ordenadores son una de las invenciones, que se dan cada cierto número de siglos y que afecta a la educación en una forma capital. Los ordenadores pueden cumplir muchos usos en educación, su capacidad de almacenar y procesar y el hecho de ser herramientas que pueden tener acceso a enormes y distantes fuentes de conocimiento con las que uno puede interaccionar los hace únicos. En la educación la informática puede facilitar la: exploración, comunicación, colaboración, integración disciplinar, variación curricular y la autonomía de alumnos y profesores (Salomon, 1991).

## **2. CIENCIA-TECNOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Infortunadamente, a menudo, se piensa que la ciencia es primero y la tecnología es algo derivativo, empero los avances científicos dependen, frecuentemente, de un nuevo método experimental que es posible disponer gracias a los avances tecnológicos. La investigación responde a las necesidades sociales y depende de los avances tecnológicos. La informática está presente, con gran protagonismo, en todos los campos de la ciencia, lo que ha determinado un cambio en la

estructura y retos de la ciencia actual que demanda adaptaciones en la enseñanza de las ciencias experimentales.

La adecuación del currículo al contexto es una exigencia inobviable. El conocimiento en ciencias debe ser una resonancia cultural del contexto social y puesto que la sociedad es cada día más dependiente de las tecnologías informáticas la enseñanza debe integrarlas en el currículo. Argumento adicional es que en la enseñanza de las ciencias se ha enfatizado con persistencia la ineludibilidad del trabajo en el laboratorio de los alumnos por ser la experimentalidad esencia de las ciencias, pero, hoy, al ser el ordenador una herramienta básica en los laboratorios y en la acción de la ciencia es también necesario que éste sea integrado en la enseñanza de las ciencias. Por otra parte, los ordenadores pueden actuar como amplificadores de las capacidades humanas y catalizadores del desarrollo intelectual de los alumnos (Underwood & Underwood, 1990) En síntesis, si los alumnos deben acercarse a la ciencia y a la tecnología deben hacerlo, entre otras dimensiones, con el uso razonable de los computadores.

Coparticipamos de la visión anunciada por Branson (1990) que postula un paradigma instruccional basado en la tecnología informática y de las comunicaciones. Dicho paradigma se centra en el alumno y en el uso de la tecnología —bases de datos y sistemas expertos— y en un nuevo desarrollo instruccional. El ordenador, cuasi una mente sin biología, puede ser un compañero de trabajo que debe ser integrado en forma significativa y nuclear en la enseñanza de las ciencias en un proceso evolutivo de absoluta irreversibilidad, que lleva al incremento de los conocimientos que la humanidad dispone.

### **3. IMPLICACIONES REFERIDAS A LOS PARADIGMAS PREDOMINANTES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Las potencialidades de los ordenadores actuales y las de los que van apareciendo obligan a un cambio radical en el nuevo currículo. Es un sinsentido desarrollar un antiguo currículo de ciencias con viejas estrategias y con nuevas tecnologías. Numerosos profesores siguen enseñando en la misma forma en que ellos fueron enseñados, están amarrados a la tradición (Woerner, Rivers & Vocknell, 1991) y al influjo de la enseñanza ambiental (Furió, Gil, Pessoa y Salcedo, 1992). En el contexto presente resulta llamativo el débil énfasis que se otorga, especialmente en este País, a la informática en el campo del diseño instruccional referido a las ciencias experimentales.

La teoría de que en el aprendizaje la construcción de los conocimientos por los propios alumnos es un elemento clave resulta ampliamente asumida en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Driver, 1988; Furió, Gil, Pessoa y Salcedo, 1992), ahora bien, las interpretaciones de lo que significa constructivismo son muy diferenciadas y polémicas (Merril, 1991). El constructivismo se apoya en

una antigua idea que ha ido evolucionando, por ejemplo ya Ortega y Gasset (1981: 93) enunció que “Nada entra en la conciencia sino en continuidad con lo que en ella hay previamente. Darse cuenta es dar entrada en la percatación a lo nuevo envuelto e informado por lo viejo: sólo así se conserva el carácter último y esencial de la conciencia, la unidad, la identidad”.

Popper enfatiza la implicación de todos los seres vivos en la resolución de problemas, actividad que para los seres humanos es central y que describe lo que se hace en ciencia, la más humana de las búsquedas. En dirección, más o menos, similar Gil, Carrascosa, Furió y Mtnz-Torregrosa (1991) después de presentar diversas reservas hacia las estrategias orientadas a provocar cambios conceptuales formulan una propuesta que designan como “*tratamiento de situaciones problemáticas*” y que califican como más coherente con los planteamientos constructivistas. La propuesta se vertebra en torno las fases de formulación operativa de problemas, construcción de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución, realización de experimentos, procesamiento de datos, aplicación de los nuevos conocimientos, consideración del contexto C/T/S, y de la historia de las ciencias, síntesis con la elaboración de “*productos*” para presentar en clase, entre los que incluyen los mapas conceptuales (Novak y Gowin, 1988), y evaluación sistemática de las formas de trabajo en clase. Aún sin entrar en el análisis crítico del modelo teórico, resulta evidente que los ordenadores pueden coadyuvar al desarrollo positivo del mismo como los mismos diseñadores del modelo apuntan, aunque establecen las cautelas de no sucumbir a la presión de una publicidad agresiva o a presentaciones atractivas que pueden interferir en la valoración de los programas. Nosotros postulamos que la solución a estas circunstancias pasa por el hecho de que el profesorado disponga del equipamiento intelectual suficiente para valorar críticamente las dimensiones técnicas y educativas del courseware (Sauleda y Martínez, en prensa).

En síntesis, en el panorama del constructivismo y de la resolución de problemas se puede afirmar que el ordenador responde con efectividad a la conveniencia de evaluar los prerrequisitos previos a la unidad de instrucción (Gagne, 1985), o los errores conceptuales, o las preconcepciones de los alumnos (Gil, Carrascosa, Furió y Mtnz-Torregrosa, 1991). Justamente entre las razones por las que resulta poco usual que se efectúe una evaluación inicial de todos los alumnos se encuentra el tiempo que exige la evaluación diagnóstica de cada uno de los estudiantes. Idéntica variable tiempo implica una alta dificultad en remediar todas las situaciones que se producen en el aula y lo hacen conveniente (Woerner, J.J., Rivers, R.H. & Vockell, E.L., 1991). La informática simplifica el complejo escollo de proveer las situaciones de remedio adecuadas a cada alumno, haciendo el aprendizaje más práctico, más flexible, de más fácil acceso, permitiendo una focalización en las destrezas de alto orden, posibilitando la adaptación de los programas a las necesidades de los individuos y formando en las propias tecnologías de la información (Thompson, 1991). En suma el ordenador es un equipamiento que hace más posibles y eficientes los modelos predominantes de la enseñanza de las ciencias,

que son presentados en este artículo únicamente por su amplia difusión y por la relevancia de los equipos de investigación que los soportan, pero sin entrar en su valoración crítica.

Ahora bien, si se asume que las tecnologías instructivas interactivas van a representar una significativa parte de la educación que la sociedad demanda resulta inequívocamente innegable la necesidad crítica de desarrollar una metodología y unos instrumentos que orienten el diseño y desarrollo de materiales de alta valía basados en la tecnología interactiva. Con el fin de optimizar el beneficio de las ventajas de la nueva tecnología es obligado considerar si los actuales diseños instruccionales guían el proceso interactivo adecuadamente. Merrill, Li y Jones (1990) aseveran que los modelos de la primera generación de diseño instruccional (ID<sub>1</sub>) comparten una serie de limitaciones: el análisis de contenidos se focaliza en componentes y no en todos integrados; las prescripciones para la adquisición de conocimiento y organización del curso son escasas y superficiales; las teorías son, básicamente sistemas cerrados; el diseño es a menudo pasivo y no interactivo. En suma, estos autores enuncian que los métodos del ID<sub>1</sub> no consideran la naturaleza altamente interactiva de las nuevas tecnologías y el cómo prescribir secuencias de gran interactividad y debido a que estas teorías son anteriores al desarrollo de la tecnología altamente interactiva, no se suelen dar orientaciones para desarrollar la instrucción en estos sistemas, lo que obliga a un trabajo muy intensivo por parte del profesor. Las limitaciones antes citadas demandan el desarrollo de una segunda generación de diseño instruccional (ID<sub>2</sub>). En un posterior artículo Merrill, Li y Jones (1992) desarrollan en el marco del anterior escenario la *Instructional Transaction Theory*, que se fundamenta en un soporte informático a través de una serie de sistemas expertos. La teoría presenta una considerable complejidad y se encuentra pendiente de experimentación, pero es incuestionablemente una aportación substantiva y un paso a dar en la atractiva y provocativa búsqueda del camino a andar.

#### **4. EVOLUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN INFORMÁTICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

En un primer estadio las actividades se nuclearon alrededor de la programación, especialmente en BASIC. Posteriormente se desenfató la programación en la enseñanza de las ciencias, si bien el lenguaje Logo continua manteniendo su presencia. La segunda fase se caracteriza por programas con ejercicios y simulaciones simples, con muchos programas poco elaborados y ajenos a la intencionalidad de desarrollar destrezas de resolución de problemas. En una tercera fase el ordenador es utilizado como una herramienta general: procesador de textos, hoja de cálculo, base de datos, gráficos, etcétera. Los anteriores usos incrementan la productividad del profesor y del alumno. Los nuevos usos definen una nueva fase caracterizada por las telecomunicaciones, los multimedia y los laboratorios basados en microordenadores. Los paquetes estadísticos fueron



considerados demasiado complejos para un amplio rango de estudiantes, pero los avances en software los hacen cada día más accesibles.

En Alemania (Gorny, 1991) la organización en las escuelas ha respondido a tres modelos básicos. En el primero la introducción responde a la adición de la materia a una o dos asignaturas. En un segundo se ha optado por un modelo interdisciplinario, organizado en proyectos. Ulteriormente en otros Länder se ha optado por una integración en todas las asignaturas tradicionales, iniciándose la enseñanza a partir de un bloque de lecciones de matemáticas. San José (1992) asevera que la introducción de las TI al servicio de las materias curriculares, y no únicamente como fin en sí mismas, es lo que va a mejorar el proceso aprendizaje/ enseñanza.

Según Woerner, Rivers y Vockell (1991) en marzo de 1987 se estimaba que las escuelas de USA disponían de 2.03 millones de ordenadores y en 1991 la mayoría de escuelas elementales estaban dotadas con 5 o más ordenadores y más de la mitad de las secundarias con al menos 15. En Inglaterra se dotó en el período 1981-85 a todas las escuelas con al menos un ordenador. A inicios de los 90 Boyd-Barret y Scanlon (1990) indican que la meta es que todas las aulas tengan un ordenador. La situación en nuestro País es de una remarcable precariedad, ya que en algunas Comunidades Autónomas no se ha alcanzado, aún, el límite de un ordenador funcional en todos los centros educativos. La escasez de hardware se correlaciona con cortos catálogos de courseware en los Centros. El proyecto ATENEA tenía como objetivo la introducción gradual y sistemática de los ordenadores en los centros de Educación General Básica y Enseñanzas Medias, en un contexto innovador y experimental, sus objetivos tenían que ver fundamentalmente con la integración curricular de los ordenadores (San José, 1992). El proyecto se implantó con carácter experimental hasta la aprobación de la LOGSE y proponía la creación de aulas con 10 ordenadores, dos impresoras y un módem, nosotros pensamos que, en general, la integración del ordenador en la enseñanza pasa por la integración en cada una de las aulas, no por los laboratorios de ordenadores. Las vías para la adquisición de software se basaban en convenios, concursos y compra directa. A través de convenios se desarrolló courseware y se estimuló la emergencia de alguna actividad profesional productora de programas, también por medio de los concursos se consiguieron algunos programas, y por último gracias a compras directas o por encargos a empresas se lograron otros programas, algunos de ellos de carácter general como paquetes integrados, procesadores de texto, bases de datos, y de diseño y construcción de gráficos (Open Access, Open Access II, Filing Assisstant, Graphics Assisstant, Paint Show,...). Del análisis del abordaje de la educación ambiental a través del Proyecto ATENEA parece inferirse que el software usado (Moral Pérez, M.A., 1992), ha sido predominantemente inespecífico para el tema, con pocos paquetes con un abordaje ambiental Barrio-Ciudad y La luz. En comparación con los amplios recursos en courseware el Proyecto ATENEA muestra una escasez de catálogo y una aproximación relativamente pobre.



En nuestra sociedad las posibilidades de acceso a hardware con prestaciones considerables y a software diverso, educacionalmente significativo, y fácil de correr son muy altas. Las prestaciones de los equipos aumentan marcadamente, mientras los precios decrecen bruscamente, por tanto la limitación económica ya no es válida aquí y ahora y menos va a serlo en el inmediato futuro. En este contexto resulta inadmisibile que aún en muchos centros educativos de este país no dispongan, como mínimo, de un ordenador operativo y una biblioteca de software básico.

## **5. PROPUESTAS PARA EL ACTUAL ESCENARIO DE LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

El análisis del proceso de aprendizaje de los alumnos es un tema que está recibiendo una gran atención, empero no siempre se reconoce que el aprendizaje resulta muy dependiente de la acción del profesor. Los profesores son los protagonistas de las innovaciones o de las resistencias al cambio y, consiguientemente, la formación del profesorado y el contexto de trabajo de los mismos deben ser considerados con toda atención.

Es fundamental que la localización de la decisión de difusión de una innovación educativa no derive de la presión ejercida por las autoridades administrativas o de una decisión de un órgano colectivo del centro, sino del convencimiento del propio profesor. *Awareness is the first step in behavior change*. En consecuencia los centros de formación del profesorado deben generar un ambiente que conciencie y convenza a los profesores de la eficiencia del uso del ordenador. El profesor va a tener que soportar una presión creciente de la sociedad, del mundo empresarial, de su propia comunidad, de los vendedores y de la administración para que integre en su currículo la informática. Esta situación puede ser percibida como una carga molesta, empero puede invertirse la dirección de la presión si el profesor conoce las ventajas del medio y presiona a la administración y a los otros estamentos implicados para conseguir los equipamientos adecuados (Dalton, 1989).

Makrakis (1991) asevera que en Suecia se ha logrado un cierto éxito en la integración de los ordenadores en la escuela secundaria, aunque han sido los alumnos los que han demostrado el mayor interés y que los factores básicos que inhiben la integración de los ordenadores son la carencia de cursos de formación del profesorado, la ausencia de profesorado que domine las destrezas y la falta de tiempo y escasa motivación del profesorado.

Los profesores, la administración y la sociedad deben unir sus esfuerzos para conseguir la mayor posible innovación educativa. Para ello es requisito esencial que en el momento de reconceptualizar y rediseñar la reforma de los planes de estudios del título de maestro y de profesor de secundaria, se oferte un programa

suficiente en la enseñanza con ordenadores. Un plan de formación del profesorado sin una seria consideración del debido entrenamiento informático carece de visión y respeto por el rol que debe desempeñar el futuro profesor (Criswell, 1989), por todo ello, un plan de formación inicial del profesorado, en especial de ciencias pero también el de otras especialidades, debe atender a:

1. Desarrollar una secuencia de instrucción que asegure a los alumnos el dominio de las destrezas básicas en el uso de los microordenadores. Estas destrezas, en la actualidad, las dominan muy pocos alumnos al entrar al centro de formación, pero su número se va incrementando curso a curso.
2. Analizar cómo los ordenadores promueven, incrementan o interfieren en el aprendizaje, cómo pueden aumentar la autonomía de los estudiantes y favorecer el desarrollo cognitivo de los alumnos. Considerar la relación informática-curriculo, las aplicación de la informática al diseño instruccional y la forma en que queda afectado el rol del profesor. Esta formación pedagógica debe ser privilegiada sobre la formación técnica.
3. Conocer algunos programas y desarrollar habilidades en la evaluación de software educativo. Ante la creciente oferta de software los profesores deben dominar la evaluación técnica y la valoración de la eficiencia instruccional de los paquetes, dominando la capacidad de analizar la corrección de los conocimientos, la de los principios de aprendizaje y la de la evaluación que propone el courseware, uno de los autores de este artículo (Sauleda y Martínez, en prensa) ha participado en el diseño de una escala de evaluación de courseware. En este ámbito y en términos generales Friendler y Shabo (1989) consideran courseware apropiado el que a) puede ser integrado en el currículo; b) apropiado para alumnos con diferentes niveles de expertidad; c) capaz de interesar a los alumnos en un proceso activo de aprendizaje; d) capaz de soportar una interacción libre con el alumno; e) flexible para que el profesor lo adapte a las necesidades del alumno.
4. Los alumnos deben tener la oportunidad de usar los microordenadores en situaciones realísticas de aula y conexionar la teoría con la práctica. En el ámbito de las didácticas específicas o/y en el centro de desarrollo de las prácticas de enseñanza es conveniente que se revisen y prueben aplicaciones de disciplinas particulares, no menospreciando el criterio de Gagne (1991) consistente en valorar como especialmente importante el que es en la escuela elemental donde el ordenador debe ser preferentemente usado, ya que una de las debilidades del sistema educativo es que los alumnos no adquieren las destrezas básicas para leer, escribir y calcular y, justamente, estas habilidades se pueden practicar eficientemente con el ordenador.
5. Proveer el adecuado entrenamiento informático básico a los profesores tutores de los centros de prácticas para que los profesores en formación inicial puedan llevar a término experiencias clínicas con microordenadores en el aula. Esta acción puede generar una simbiosis mutualista entre la institución universitaria y las enseñanzas de otros niveles, lo que produci-

ría una sinérgesis entre la acción de los profesores universitarios, la de los centros de prácticas y la de los profesores en formación inicial. En general, conviene instanciar y cooperar en la creación de escuelas o clases modelo para demostrar las alternativas y favorecer la difusión de las investigaciones en las aulas (Dalton, 1989).

6. Diseñar opciones para que los alumnos puedan completar su formación informática a través de asignaturas opcionales, cursos y seminarios.
7. Conocer y dominar algunas de las aplicaciones de la informática a la educación especial. En la relación entre discapacidad y comunicación, las tecnologías coadyuvan a salvaguardar la comunicación a pesar de la diferencia. El ejemplo del físico Stephen Hawking, que se comunica y prosigue produciendo ciencia de alta relevancia gracias a un ordenador resulta paradigmático.
8. Practicar en las asignaturas de ciencias actividades de resolución de problemas y simulaciones. Asimismo integrar el ordenador en el trabajo en el laboratorio, lo que posibilita, por ejemplo, obtener resultados en forma gráfica en tiempo real, hecho que permite que los alumnos reflexionen con mayor hondura acerca de los problemas, las hipótesis y las conclusiones que se obtienen del experimento. Con este enfoque es más posible superar la frecuente ausencia de la fase de trabajo postlaboratorio. La interpretación de imágenes espaciales vía satélite es otra rica dimensión interdisciplinar que conviene ir desarrollando. El trabajo en el laboratorio con ordenador permite armonizar la problemática conjunción entre el *hands-on* y el *minds-on*. Adicionalmente conviene introducir a los alumnos en el uso de programas dirigidos a dar soporte a la investigación: paquetes estadísticos, gráficos, bases de datos, procesadores de textos...
9. Humanizar este campo a través de una visión de la historia de la tecnología de la información que analice las conquistas humanas para beneficio de la humanidad y visite las biografías más relevantes. Todo ello en un marco que instancie una actitud razonable frente a la penetración de la microelectrónica en la sociedad, con referencias a los beneficios y riesgos (Gorny, 1991). Además presentar referencias orientativas acerca de la dimensión ética del ámbito y reconocer la belleza que subyace en muchos programas y en el diseño y arquitectura del hardware, evidenciando así la idea de que la ciencia es la más bella de todas las cosas.
10. Dominar la elaboración de presentaciones y comunicaciones, conocer los principios de funcionamiento de los programas de autor para diseñar los programas propios y capacitar al uso de las redes, el correo electrónico y las aplicaciones multimedia.
11. Indagar si se producen diferencias en relación al género y, en su caso, buscar las fórmulas para remediar cualquier tipo de discriminación sexual.
12. Institucionalizar el funcionamiento de los centros de formación del profesorado como coordinadores de producción y distribución de recursos

informáticos instruccionales, desarrollando CD-ROM con los proyectos de innovación en el país y con la información documental más relevante en este ámbito. Asimismo, conexiónar los Centros de Formación del Profesorado insertos en la Universidad con otras instituciones educativas a través de redes. Para avanzar en la investigación en la enseñanza de las ciencias es preciso incrementar la investigación entre las distintas instituciones educativas y a través de Departamentos conectar a los profesores para facilitar el acceso a la información y el intercambio de experiencias.

13. Entrenar a los profesores a solucionar problemas y a implementar las soluciones en equipo. Los ordenadores permiten a personas en lugares remotos interaccionar entre ellos y con los mismos documentos. Promover la visión del futuro profesor como un investigador. Los profesores perciben un abismo entre la investigación educativa y la enseñanza de las ciencias en el aula. Los profesores deben formar parte de los equipos de investigación aportando el necesario contraste de la experimentación en el aula, la investigación debe ser verificada. La formación del profesorado debe generar oportunidades para que el profesor se forme en la investigación, cambiando las asunciones acerca de la naturaleza y las relaciones entre la acción de los profesores en las aulas y la de los investigadores en la Universidad, para liberar al profesor de las ideas exclusivamente impuestas desde el exterior y favorecer la acción investigadora de los profesores (Oberg, 1990).
14. Introducir a los profesores en el estado del arte y en la visión de los avances en el campo de la inteligencia artificial, de la robótica, neurobiología,...., analizándose las potencialidades de los nuevos candidatos en el horizonte más visible como el CD-ROM que puede almacenar más de 600.000.000 de caracteres en un único e intercambiable disco, en el que es posible empaquetar un curso completo con texto, gráficos, sonido, componentes de animación, un sistema tutorial y otras facilidades. Los multimedia constituyen potentes medios de instrucción para un nuevo período de software instruccional, si los profesores encuentran el tiempo para desarrollar actividades de aprendizaje que exploten sus potencialidades y si las escuelas pueden implementar su uso se entrará en otro orden de magnitud en el valor del software educativo (Becker, 1991).
15. Comprensión de la mente desde la confluencia de los estudios de inteligencia artificial, neurobiología y psicología, (Penrose, 1992), analizando como se genera la consciencia a partir de un modelo de arquitectura y acción neuronal.
16. Integrar la dimensión científica y técnica en la cultura. En este marco la ciencia, la tecnología y la informática deben pasar a formar parte de la cultura general de los ciudadanos. Explorar la visión del papel de la ciencia y tecnología en el futuro inmediato.

La implementación de las anteriores propuestas implica la creación de los ambientes o contextos educativos adecuados. Lo que supone la dotación a los Centros de Formación del Profesorado y a los centros de prácticas escolares del hardware, software y recursos humanos apropiados. Equipados los centros con la infraestructura básica el incremento de los recursos disponibles para el cambio debe apoyarse, especialmente, en ayudas y estímulos a proyectos de investigación.

## 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el devenir de la especie humana las herramientas han sido una variable capital, pero ni la especie humana ni los estudiantes tienen que adaptarse a las demandas de los instrumentos, al contrario hay que adaptar los instrumentos a las exigencias de los humanos en un proceso intencionado de innovación, experimentación, selección, evolución y propagación. Un ordenador por sí mismo no modifica la dinámica de una clase (Emihovich, 1990), prueba a este aserto es que diversas encuestas evidencian que a menudo el ordenador se halla arinconado en el aula. No obstante, una clase sin acceso a la informática resulta un ambiente deprimido y desconexionado de la realidad del mundo desarrollado.

En la actualidad no hay una teoría coherente con amplio consenso en la enseñanza de las ciencias. (Hurd, 1991) y el metaanálisis resulta problemático. Desde el presupuesto de considerar la teoría del currículo como un sistema abierto, complejo y en evolución postulamos la conveniencia de la coaceptación y coexistencia de más de un paradigma o modelo instruccional y consideramos preciso evitar la actitud de una mal entendida envidia de la Física, en el sentido de suponer que una única, poderosa, correcta y elegante teoría puede resolver todos los problemas de representación e inferencia del conocimiento. *Dogmatism is a deadly sin in science*, la ciencia en la frontera es tan evanescente como el resto de las disciplinas. Nosotros entendemos que lo que importa es desarrollar programas de investigación coherentes dirigidos a la construcción de modelos instructivos a partir del diálogo y síntesis interdisciplinar entre la neurobiología, la inteligencia artificial, la psicología, la antropología, la lingüística,...

En el presente contexto tecnológico y en el panorama de complejidad y diversidad de modelos instruccionales es inadmisibile proseguir esperando y visionando ayeres ya idos. Sin demora se debe introducir la informática en la escuela como una herramienta multiforme y multiuso, la multiplicación de las aplicaciones generará un proceso de selección, que determinará una evolución, que posiblemente sea conveniente responda a un modelo que implique a los alumnos en nuevos métodos de conceptualizar los procesos y los problemas, les dé mayor autonomía y genere nuevas formas de interacción colaborativa entre los estudiantes y el profesor.

La intencionalidad de este artículo no es hacer metafísica informática o electrónica y analizar si en la sociedad postmoderna los *mass media* van a deter-

minar una sociedad más “transparente”, más consciente de sí misma, más “iluminada” o como piensa Vattimo (1990) van a dar emergencia a una sociedad más compleja, caótica incluso, y que en este “caos”, justamente, residen las esperanzas de libertad. El propósito real de los autores es enfatizar que las nuevas tecnologías desempeñan un papel determinante en esta sociedad y que la enseñanza evolucionará rápidamente con el trabajo con dichas herramientas. No hay que olvidar que los laboratorios industriales y académicos están desarrollando tecnología que hará que los artefactos que estamos usando ahora parezcan absolutamente arcaicos y primitivos. El ordenador es ya un equivalente al libro de texto, al cuaderno y a la pluma, no saber usarlo es hoy uno de los tipos de analfabetismo graves de nuestra cultura. Ayer se hablaba del déficit de libros, hoy el factor más limitante es el nivel de equipamiento informático, que es el que marca la diferencia en el nivel de desarrollo de los ambientes educativos e incluso el de los países. Lo argumentado obliga a adaptar los paradigmas predominantes en la enseñanza de las ciencias a las características de las nuevas tecnologías, lo que dará emergencia a una diversidad de nuevos modelos, los cuales serán seleccionados o eliminados en base a su efectividad y eficiencia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J.S.A. (1991). Information technology: a cross-curricular competence for all pupils. *Computers & Education* 17 (1), 23-29.
- AUSUBEL, D.P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- BARRÓN RUIZ, A. (1991). *Aprendizaje por descubrimiento. Análisis crítico y reconstrucción teórica*. Salamanca, Amarú ediciones.
- BECKER, H.J. (1991). Encyclopedias on CD-ROM. Two orders of magnitude more than any other educational software has ever delivered before. *Educational technology* 2, 7-8.
- BONNET, R.L. & KEEN, G.D. (1990). *Computers. 49 Science Fair Projects*. New York, TAB BOOKS.
- BRUNNER, J. (1991). *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Madrid, Alianza.
- COLL, C. y COLOMINA, R. (1990). Interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Comp.), *Desarrollo psicológico y educación, II*. Madrid, Alianza Psicología.
- COLL, C. y SOLÉ, I. (1990). La interacción profesor/alumno en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Comp.), *Desarrollo psicológico y educación, II*. Madrid, Alianza Psicología.
- CRISWELL, J.R. (1989). Rethinking microcomputer instruction as a part of teacher education reform. *Educational Technology* 11, 40-43.
- CHEUNG, K.C. & TAYLOR, R. (1991). Towards a humanistic constructivist model of science learning: changing perspectives and research implications. *J. Curriculum Studies* 23 (1): 21-40.
- DALTON, D.W. (1989). Computers in the schools: A diffusion/adoption perspective. *Educational technology* 11, 20-26.
- del SER, C. y SIGÜENZA, A.F. (1992). Simulación de Procesos Físico Naturales. *Infodidac* 17, 25-33.
- DELVAL, J. (1986). *Niños y máquinas. (Los ordenadores y la educación)*. Madrid, Alianza.
- EMIHOVICH, C. (1990). Technocentrism revisited: Computer literacy as cultural capital. *Theory into Practice*, 29 (4), 227-234.
- FRIEDLER, Y. & SHABO, A. (1989). Using the HyperCard Program to develop a customized courseware generator for school use. *Educational Technology* 11, 47-51.
- FURIÓ, C., GIL, D., PESSOA, A.M. y SALCEDO, L.E. (1992). La formación inicial del profesorado de educación secundaria: papel de las didácticas específicas. *Investigación en la Escuela* 16, 7-21.

- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 6 (2), 109-120.
- GAGNE, R. & MERRILL, M.D. (1991). ICAI, Computers in the schools, an Instructional Design Expert Sistem. In Conversation. En D. Twitchell, *Educational Technology* 1, 34-41.
- GAGNE, R.M. & MERRILL, M.D. (1991) Integrative goals for instructional design. *ETR&D* 38 (1), 23-30.
- GORNY, P. (1991). Fundamental Informatics in Teacher Education in West Germany. *Computers & Education* 16 (1), 37-42.
- GRAY, J. (1992). Consciousness on the scientific agenda. *Nature* 358 (6384), 277.
- HURD, P. (1991). Issues in linking research to science teaching. *Science Education* 75 (6), 723-732.
- KLOPFER, L.E. (1991). 75 yeas of Science Education. *Science Education* 75 (6), 611-612.
- MAKRAKIS, V. (1991). Computer-Resource Teachers: A Study and Derived Strategy for their Use in In-Service Training. *Computers & Education* 17 (1), 43-49.
- MERRIL, M.D. (1991). Constructivism and instructional design. *Educational Technology* 5, 45-52.
- MERRIL, M.D., LI, Z. & JONES, M.K. (1990). Second Generation Instructional Design (ID<sub>2</sub>). *Educational Technology* 2, 7-14.
- MERRIL, M.D., LI, Z. & JONES, M.K. (1992). Instructional Transaction Shells: Responsibilities, Methods and Parameters. *Educational Technology* 2, 5-26.
- MORAL PÉREZ, M.A. (1992). Atenea y Mercurio en el Olympus: una Propuesta de Educación Medioambiental. *Infodidac* 17, 19-23.
- NOVAK, J.D. (1988). El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos. En Porlan, Eduardo García y Cañal (Comp.) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. DÍADA. Sevilla.
- OBERG, A. & MCCUTCHEON, G. (1991). This issue. *Theory into Practice* 29 (3), 142-143.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1981). *Investigaciones psicológicas*. Madrid, Revista de Occidente en Alianza Editorial.
- PENROSE, R. (1991). *La nueva mente del emperador*. Madrid, Mondadori.
- PORLAN, R. (1991). Epistemological conceptions of student teachers: Four case studies. Comunicación presentada en *The Fifth Conference of the International Study Association on Teaching Thinking*. University of Surrey.
- ROTH, W.M. (1992). Comments to the "Methodological Limitations for the Use of Expert Systems Techniques in Science Education Research". *Journal of Research on Science Teaching* 29 (6), 629-632.
- SALOMON, G. (1991). From theory to Practice: The International Science Classroom - A technology-Intensive, Exploratory, Team- Based and Interdisciplinary High School Project. Learning: New conceptions, New opportunities. *Educational Technology*, 6, 41-44.
- SAN JOSÉ, C. (1992). El proceso de integración de los ordenadores en el currículo desde la perspectiva del Proyecto ATENEA. *Infodidac* 17, 43-46.
- SAULEDA, N y MARTÍNEZ, M.A. (En prensa). Evaluación de software educativo. *Enseñanza. Anuario Interuniversitario*.
- THOMPSON, N. (1991). Computers, curriculum and the learning environment. *Computers & Education* 16 (1), 1-6.
- UNDERWOOD, J.D.M. & UNDERWOOD, G. (1990). *Computers and learning*. Cambridge, Blackwells.
- VATTIMO, G. (1990). *La sociedad transparente*. Barcelona, Paidós-ICE Universitat A.
- WOERNER, J.J., RIVERS, R.H. & VOCKELL, E.L. (1991). *The computers in the science curriculum*. Watsonville, McGraw-Hill.